

(11)Publication number : **2001-134994**
(43)Date of publication of application : **18.05.2001**

(51)Int.Cl.

G118 11/105

(21)Application number : 11-311964

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 02.11.1999

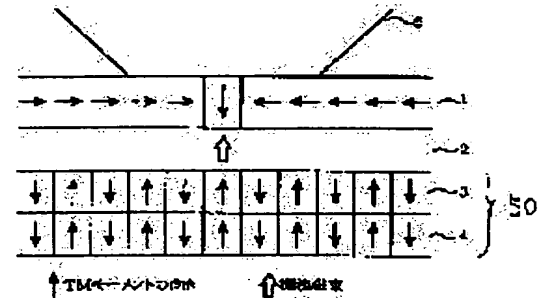
(72)Inventor : HIROKANE JUNJI
IWATA NOBORU

(54) MAGNETO-OPTICAL RECORDING MEDIUM AND METHOD OF RECORDING IN THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a wide reproduction power margin and to realize low magnetic field recording in a super-resolution magneto-optical recording medium in which a reproducing layer and a recording layer are magnetostatically coupled.

SOLUTION: The reproducing layer 1 is magnetostatically coupled with a magnetic flux forming layer 3 consisting of a perpendicularly magnetized film and with a recording layer 4 consisting of a perpendicularly magnetized film when the temperature is increased. The magnetic flux forming layer 3 is a magnetic layer having higher Curie temperature and larger maximum of total magnetization than the recording layer 4.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Japan s Publicati n for Un xamined Patent Applicati n
No. 134994/2001 (Tokukai 2001-134994)

A. Relevance of the above-identified Document

This document has relevance to claims 1, 2, and 13 of the present application.

B. Translation of the Relevant Passages of the Document

[CLAIMS]

[CLAIM 1]

A magneto-optical recording medium, at least comprising:

a first magnetic layer made of a perpendicular magnetic film;

a second magnetic layer made of a perpendicular magnetic film, the second magnetic layer being subjected to exchange coupling with the first magnetic layer; and

a third magnetic layer on which magnetization of the first magnetic layer is transferred by magnetostatic coupling with the second magnetic layer and the first magnetic layer when the temperature is raised,

the second magnetic layer having a larger peak value of total magnetization and a higher Curie temperature than the first magnetic layer.

[CLAIM 9]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

... the second magnetic layer is made of one of DyFeCo, HoFeCo, HoDyFeCo, HoTbFeCo, GdDyFeCo, and GdTbFeCo; and the first magnetic layer is made of TbFeCo.

[CLAIM 10]

A method for recording information ..., wherein:

information is recorded by heating the first magnetic layer to have a temperature in the vicinity of a Curie temperature, and by applying a magnetic field.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[PROBLEMS TO BE SOLVED BY THE INVENTION]

[0006]

... provide a magneto-optical recording medium capable of having a larger total magnetization of the recording magnetic layer in reproducing and capable of stably reproducing a small recording magnetic domain, and a recording method thereof.

[MEANS TO SOLVE THE PROBLEMS]

[0008]

A magneto-optical recording medium of the first invention is arranged so as to include at least a first magnetic layer made of a perpendicular magnetic film; a second magnetic layer made of a perpendicular magnetic film, the second magnetic layer being subjected to

THIS PAGE BLANK (USPTO)

exchange coupling with the first magnetic layer; and a third magnetic layer on which magnetization of the first magnetic layer is transferred by magnetostatic coupling with the second magnetic layer and the first magnetic layer when the temperature is raised, the second magnetic layer having a larger peak value of total magnetization and a higher Curie temperature than the first magnetic layer.

[0016]

The second magnetic layer is made of one of DyFeCo, HoFeCo, HoDyFeCo, HoTbFeCo, GdDyFeCo, and GdTbFeCo; and the first magnetic layer is made of TbFeCo.

[0017]

Information is recorded by heating the first magnetic layer to have a temperature in the vicinity of a Curie temperature, and by applying a magnetic field.

[EMBODIMENTS]

[0030]

... TbFeCo used as the recording layer 4 ...

[0040]

The magnetic flux forming layer 3 can generate large magnetic leakage flux.

[0042]

It is necessary that the magnetic flux forming layer

THIS PAGE BLANK (USPTO)

3 has a larger peak value of the total magnetization at least than the recording layer 4. Accordingly, it is necessary that $T_{c3} > T_{c4}$ is at least satisfied, where a Curie temperature of the magnetic flux forming layer 3 is T_{c3} and a Curie temperature of the recording layer 4 is T_{c4} .

[0052]

... as a recording method in which the recording layer 4 is heated to have a temperature in the vicinity of a Curie temperature and a magnetic field is applied.

[0053]

The substrate 9 is formed to have a disk shape.

[0059]

The magnetic flux forming layer 3 is made of a perpendicular magnetic film made of rare earth transition metal alloy.

[0063]

... has a larger peak value of the total magnetization than the recording layer 4 so that the magnetic flux forming layer 3 can generate large magnetic leakage flux.

[0065]

For example, the magnetic flux forming layer 3 is made of DyFeCo, HoFeCo, DyHoFeCo, GdDyFeCo, or GdHoFeCo.

[0066]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

The recording layer 4 is made of a perpendicular magnetic film made of rare earth transition metal alloy.

[0067]

It is preferable that the recording layer 4 is made of a material having relatively large perpendicular magnetic anisotropy, such as TbFeCo and TbDyFeCo.

[0080]

A recording magnetic domain is formed using a magnetic field modulation recording method.

[0088]

Recording is performed in such a manner that, at a state being irradiated with a continuous laser light, the magnetic head applies an alternating field whose intensity is modulated.

[0114]

It is preferable that the magnetic flux forming layer 3 is made of rare earth transition metal alloy such as HoFeCo, HoDyFeCo, HoTbFeCo, GdDyFeCo, and GdTbFeCo.

[0121]

The rare earth transition metal alloy is a ferrimagnet so that the rare earth transition metal alloy has no total magnetization at a compensation temperature, and has larger total magnetization as the temperature rises.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[0125]

The magnetic layer preferably has a peak value of magnetization at around the temperature for reproducing.

[0127]

... irradiating an optical beam irradiating position with a reproducing magnetic field when reproducing.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-134994

(P2001-134994A)

(43) 公開日 平成13年5月18日 (2001.5.18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 1 1 B 11/105	5 1 6	G 1 1 B 11/105	5 1 6 F 5 D 0 7 5
	5 0 6		5 0 6 A
	5 1 1		5 1 1 B
			5 1 1 Q
	5 8 6		5 8 6 F
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 16 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-311964

(22) 出願日 平成11年11月2日 (1999.11.2)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 広兼 順司

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72) 発明者 岩田 昇

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(74) 代理人 100103296

弁理士 小池 隆彌

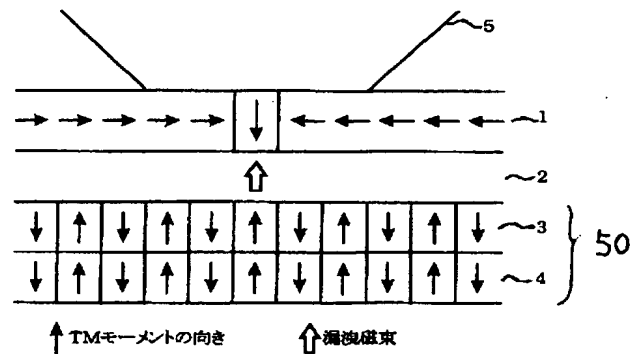
Fターム(参考) 5D075 CC01 EE01 EE03 EE05 FF04
FF12

(54) 【発明の名称】 光磁気記録媒体及びその記録方法

(57) 【要約】

【課題】 再生層と記録層とが静磁結合した超解像光磁気記録媒体において、広い再生パワーマージンを得るとともに、低磁界記録を実現する。

【解決手段】 再生層1は、垂直磁化膜からなる磁束形成層3及び垂直磁化膜からなる記録層4と、昇温時に静磁結合する。磁束形成層3は、記録層4に比べて、キュリー温度が高く、且つ、トータル磁化の最大値が大きい磁性層である。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 垂直磁化膜からなる第1磁性層と、垂直磁化膜からなり、第1磁性層に交換結合する第2磁性層と、
昇温時に、第2磁性層及び第1磁性層と静磁結合して第1磁性層の磁化が転写される第3磁性層と、を少なくとも有し、
第2磁性層は、第1磁性層よりも、トータル磁化のピーク値が大きく、且つ、キュリー温度が高いことを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項2】 請求項1に記載の光磁気記録媒体において、
第1磁性層または第2磁性層あるいはその両方に接して、第1磁性層及び第2磁性層よりも垂直磁気異方性が小さく、第1磁性層よりもキュリー温度の高い第4磁性層が形成されていることを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の光磁気記録媒体において、
第2磁性層は、第1磁性層よりもトータル磁化がピーク値となる温度が高く設定されていることを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項4】 請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の光磁気記録媒体において、
第2磁性層は、第1磁性層よりも補償温度が低く設定されていることを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項5】 請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の光磁気記録媒体において、
第3磁性層は、室温で面内磁化を示し、臨界温度を境として垂直磁化に移行する磁性膜からなることを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項6】 請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の光磁気記録媒体において、
第3磁性層は、室温以上キュリー温度以下の温度において垂直磁化膜であることを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項7】 請求項5に記載の光磁気記録媒体において、
第2磁性層のトータル磁化がピーク値となる温度が、前記臨界温度より高いことを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項8】 請求項1乃至請求項7のいずれかに記載の光磁気記録媒体において、
第2磁性層の補償温度が、 -50°C 以上 100°C 以下であることを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項9】 請求項1乃至請求項8のいずれかに記載の光磁気記録媒体において、
第2磁性層が DyFeCo 、 HoFeCo 、 HoDyFeCo 、 HoTbFeCo 、 GdDyFeCo 、 GdTbFeCo のいずれかであり、第1磁性層が TbFeCo であることを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項10】 請求項1乃至請求項9のいずれかに記載の光磁気記録媒体の記録方法であって、

2

第1磁性層のキュリー温度近傍に加熱して、磁界を印加することで情報を記録することを特徴とする記録方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光磁気記録再生装置に適用される光磁気ディスク、光磁気テープ、光磁気カード等の光磁気記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来から、書き換え可能な光記録媒体として、光磁気記録媒体を用いた光磁気ディスクが実用化されている。このような光磁気ディスクでは、半導体レーザーから出射される光ビームを光記録媒体上に集光照射することにより、光磁気記録媒体の局部温度を上昇させることにより記録消去が行われる。そして、記録消去が起こらない強度の光ビームを光磁気記録媒体に集光照射し、その反射光の偏光状態を判別することにより、記録情報の再生が行われる。しかし、従来より、このような光磁気記録媒体では、光ビームのビームスポット径に対して、記録された磁区の記録ビット径及び記録ビット間隔が小さくなってくると、再生特性が劣化してくるという問題がある。これは、目的とする記録ビット上に集光された光ビームのビームスポット内に、隣接する記録ビットが入るために、個々の記録ビットを分離して再生することができなくなるためである。

【0003】 上記問題を解決する光磁気記録媒体として、室温において面内磁化状態であり臨界温度以上の温度で垂直磁化状態となる再生磁性層と、非磁性中間層と、垂直磁化膜からなり情報を記録する記録磁性層とからなる光磁気記録媒体が提案されている（特開平9-180276号公報）。また、上記光磁気記録媒体の再生特性改善を目的として、室温において面内磁化状態であり臨界温度以上の温度で垂直磁化状態となる再生磁性層と、前記臨界温度近傍にキュリー温度を有する面内磁化層と、非磁性中間層と、垂直磁化膜からなり情報を記録する記録磁性層とからなる光磁気記録媒体が提案されている（特開平9-320134号公報）。また、垂直磁化状態である再生磁性層と、非磁性中間層と、垂直磁化膜からなり情報を記録する記録磁性層とからなる光磁気記録媒体も提案されている（特開平8-180486号公報）。

【0004】 特開平9-180276号公報および特開平9-320134号公報に記載の光磁気記録媒体では、臨界温度以下の温度範囲において、再生磁性層が面内磁化状態となるため、記録磁性層へ記録された記録磁区情報が再生層へと転写されず、記録磁区情報は再生されない。これに対して、臨界温度以上の温度範囲において、再生磁性層が垂直磁化状態となり、記録磁性層へ記録された記録磁区情報が再生磁性層へと転写され、記録磁区情報が再生される。このため、再生磁性層上に集光された光ビームのビームスポット内に、隣接する記録ビ

(3)

3

ットが入る場合においても、光ビームの再生パワーと再生磁性層が垂直磁化状態となる臨界温度を適切に設定しておけば、個々の記録ビットを分離して再生することができ、高密度に記録された情報を再生することが可能な磁氣的超解像再生を実現することができる。また、特開平8-180486号公報に記載の光磁気記録媒体では、温度上昇した領域のみの磁化情報が再生磁性層から記録磁性層へと転写され、同様に磁氣的超解像再生を実現することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、近年、光ディスクに対して、さらに大きな記録容量が求められ、記録磁性層により小さい記録磁区を形成し、その記録磁区を再生磁性層へと転写し安定して再生することが要求されるようになった。上述の特開平9-180276号公報および特開平9-320134号公報および特開平8-180486号公報に記載の光磁気記録媒体において用いられている記録磁性層は、補償温度が室温近傍に存在しており、情報の記録と保持とが行われる磁性層であり、かつ、再生時に、記録磁性層へ記録された記録磁区情報を再生磁性層へと転写させる漏洩磁束を発生させる磁性層である。従って、記録磁性層のキュリー温度は、記録パワーが高くなりすぎないように、225℃～275℃に設定されている。この場合、再生に伴い、光ビームスポット中心の温度がキュリー温度近傍まで上昇すると、光ビームスポット中心近傍の記録磁性層のトータル磁化が小さくなり、したがって、記録磁性層からの漏洩磁束が小さくなることにより、記録磁性層と再生磁性層との静磁結合力が弱くなり、再生磁性層への磁区転写が行われなくなる。温度上昇とともに記録磁性層のトータル磁化が極めて小さくなるため、再生パワーマージンが狭くなり、より小さい記録磁区を再生磁性層へと転写し安定して再生することができなくなるという問題があった。

【0006】そこで、本発明は、再生時における記録磁性層のトータル磁化を大きくでき、小さな記録磁区を安定に再生することのできる光磁気記録媒体及びその記録方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成する本発明の光磁気記録媒体及びその記録方法は以下のようなものである。

【0008】第1の発明の光磁気記録媒体は、垂直磁化膜からなる第1磁性層と、垂直磁化膜からなり、第1磁性層に交換結合する第2磁性層と、昇温時に、第2磁性層及び第1磁性層と静磁結合して第1磁性層の磁化が転写される第3磁性層と、を少なくとも有し、第2磁性層は、第1磁性層よりも、トータル磁化のピーク値が大きく、且つ、キュリー温度が高いことを特徴とする。

【0009】第2の発明の光磁気記録媒体は、第1の発

4

明の光磁気記録媒体において、第1磁性層または第2磁性層あるいはその両方に接して、第1磁性層及び第2磁性層よりも垂直磁気異方性が小さく、第1磁性層よりもキュリー温度の高い第4磁性層が形成されていることを特徴とする。

【0010】第3の発明の光磁気記録媒体は、第1の発明または第2の発明の光磁気記録媒体において、第2磁性層は、第1磁性層よりもトータル磁化がピーク値となる温度が高く設定されていることを特徴とする。

10 【0011】第4の発明の光磁気記録媒体は、第1の発明乃至第3の発明のいずれかの光磁気記録媒体において、第2磁性層は、第1磁性層よりも補償温度が低く設定されていることを特徴とする。

【0012】第5の発明の光磁気記録媒体は、第1の発明乃至第4の発明のいずれかの光磁気記録媒体において、第3磁性層は、室温で面内磁化を示し、臨界温度を境として垂直磁化に移行する磁性膜からなることを特徴とする。

20 【0013】第6の発明の光磁気記録媒体は、第1の発明乃至第4の発明のいずれかの光磁気記録媒体において、第3磁性層は、室温以上キュリー温度以下の温度において垂直磁化膜であることを特徴とする。

【0014】第7の発明の光磁気記録媒体は、第5の発明の光磁気記録媒体において、第2磁性層のトータル磁化がピーク値となる温度が、前記臨界温度より高いことを特徴とする。

30 【0015】第8の発明の光磁気記録媒体は、第1の発明乃至第7の発明のいずれかの光磁気記録媒体において、第2磁性層の補償温度が、-50℃以上100℃以下であることを特徴とする。

【0016】第9の発明の光磁気記録媒体は、第1の発明乃至第8の発明のいずれかの光磁気記録媒体において、第2磁性層がDyFeCo、HoFeCo、HoDyFeCo、HoTbFeCo、GdDyFeCo、GdTbFeCoのいずれかであり、第1磁性層がTbFeCoであることを特徴とする。

40 【0017】第10の発明の光磁気記録媒体は、第1の発明乃至第9の発明のいずれかの光磁気記録媒体の記録方法であって、第1磁性層のキュリー温度近傍に加熱して、磁界を印加することで情報を記録することを特徴とする。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を用いて詳細に説明する。なお、本発明は以下の形態に限るものではなく、様々な変形が可能である。

【0019】（実施の形態1）図1は、本発明の第1の超解像光磁気記録媒体の断面磁化状態を説明する図であり、室温において面内磁化状態であり、ある臨界温度以上の温度において垂直磁化状態となる再生層（第3磁性層）1と、非磁性中間層2と、ほぼ室温に補償温度を有

50

(4)

5

する磁束形成層（第2磁性層）3と、情報が記録される記録層（第1磁性層）4とが順次積層されている。ここで、再生層1は、面内磁化状態から垂直磁化状態への遷移を実現するため、少なくとも室温においてR E r i c h（希土類金属が優勢）であることが必要である。

【0020】このような光磁気記録媒体では、磁束形成層3及び記録層4から発生する漏洩磁束と、再生層1において垂直磁化状態となった磁化とが静磁結合し、記録層4の磁化情報が再生層1へと転写されることにより、光ビーム5の照射で、上記臨界温度以上の温度となった領域の磁化情報のみが再生されるという磁氣的超解像再生が実現する。

【0021】これに対して、図2は、従来の超解像光磁気記録媒体の断面磁化状態を説明する図であり、再生層1と非磁性層2とは本発明と同じ磁性膜が用いられており、記録層6が静磁結合のための漏洩磁束を発生させる役割と、情報を記録する役割との両方を担っている。従って、従来の超解像光磁気記録媒体の記録層6は、再生層1との安定した静磁結合を維持することができる漏洩磁束を発生させるとともに、良好な記録特性を実現することが必要となってくる。

【0022】図3は、従来用いられている膜厚40nmのTb_{0.24}(Fe_{0.85}Co_{0.15})_{0.76}からなる記録層6のトータル磁化M_sと保磁力H_cの温度依存性を示している。この場合、キュリー点が250℃であり、かつ、保磁力H_cが温度上昇とともに急激に小さくなり、キュリー点において零となっており、キュリー点記録された磁区が温度降下過程において安定して保持され、良好な記録特性が得られる。しかし、再生時、再生パワーの増大により記録層6の温度が150℃以上の温度になると、特に光ビームの照射領域中の最高到達温度部分では、記録層6のトータル磁化M_sが減少し、それとともない記録層6から発生する漏洩磁束が小さくなっていくことがわかる。これにより、再生層1と記録層6との静磁結合が弱くなり、安定した再生を行なうことができなくなる。すなわち、再生パワーの増加にともない、安定した再生ができなくなり、再生パワーマージンが狭くなる。

【0023】次に、図4は、膜厚40nmのTb_{0.24}(Fe_{0.60}Co_{0.40})_{0.76}のトータル磁化M_sと保磁力H_cの温度依存性を示している。希土類遷移金属合金非晶質薄膜においては、遷移金属中のCo含有率を相対的に高くすることにより、キュリー温度を高くすることができる。この場合、トータル磁化M_sのピーク値は、 $1.4 \times 10^5 \text{ A/m}$ (140 emu/cc)と図3の場合より大きくなっており、さらに、トータル磁化M_sがピーク値を示す温度は250℃となっている。したがって、図4のTb_{0.24}(Fe_{0.60}Co_{0.40})_{0.76}を記録層6として用いれば、高い温度まで安定した静磁結合を維持することが可能となり、図3に示す記録層6

6

(Tb_{0.24}(Fe_{0.85}Co_{0.15}))に比べて広い再生パワーマージンが得られることが分かる。しかし、図4のTb_{0.24}(Fe_{0.60}Co_{0.40})_{0.76}は、キュリー温度が380℃と高く、かつ、300℃の温度においても、 40000 A/m (5000 Oe)以上の大きな保磁力を持っており、記録を行なうために高い記録レーザーパワーが必要となる。一般に、良好な記録感度を得るためには、記録層6の記録温度（この場合キュリー温度）が225℃～275℃の範囲であることが必要であり、この範囲以上に温度上昇させると、磁性膜等の熱劣化が発生し、記録媒体の寿命を著しく低下させるため、図4のTb_{0.24}(Fe_{0.60}Co_{0.40})_{0.76}を記録層6として用いることは困難である。

【0024】次に、図5は、従来用いられている膜厚40nmのDy_{0.23}(Fe_{0.75}Co_{0.25})_{0.77}からなる記録層6のトータル磁化M_sと保磁力H_cの温度依存性を示している。DyFeCoはTbFeCoに比べて垂直磁気異方性が小さくなるため、図3に比べて、保磁力H_cが小さくなっているが、トータル磁化M_sと保磁力H_cともに、図3とほぼ同じ変化を示しており、図3の場合同様、記録特性は良好であるが、再生パワーマージンが狭くなってしまふ。

【0025】図6は、膜厚40nmのDy_{0.23}(Fe_{0.55}Co_{0.45})_{0.77}のトータル磁化M_sと保磁力H_cの温度依存性を示している。図4に示すTbFeCoに比べて、DyFeCoの垂直磁気異方性が小さいため、温度上昇とともに保磁力が急激に小さくなり、200℃以上の温度で保磁力H_cが 16000 A/m (2000 Oe)以下となっている。図6におけるトータル磁化M_sは、図4と同様に、250℃で $1.6 \times 10^5 \text{ A/m}$ (160 emu/cc)と高いピーク値を示しているが、200℃近傍において、すでに保磁力が小さくなっており、記録層6として使用する場合、記録された磁化情報を安定して維持することができなくなるため、再生パワーマージンが狭くなってしまふ。一方、記録については、200℃以上の温度で保磁力H_cが小さくなっているため、225℃～275℃の温度範囲において、保磁力よりも大きな記録磁界を印加することにより磁化方向を記録磁界の方向に揃えることが可能であるが、記録磁化方向が固定される温度降下過程において保磁力が徐々に大きくなるため、磁界変調記録方式においては、記録された磁化方向が安定して保持されず、良好な記録特性を得ることができなくなってしまう。よって、図6のDy_{0.23}(Fe_{0.55}Co_{0.45})_{0.77}は記録層6としてしようすることは困難であった。

【0026】以上のように、図2の記録層6のみで静磁結合のための漏洩磁束を発生させる役割と、情報を記録する役割との両方を担う場合には、十分な記録再生特性を得ることができない。

【0027】そこで、図1の光磁気記録媒体では、上述

(5)

7

のように磁束形成層3及び記録層4を用いる。

【0028】図7は、上記磁束形成層3と記録層4とを積層した構成（以下、記録積層体50と記す）のトータル磁化 M_s と保磁力 H_c の温度依存性の一例を示している。ここで、磁束形成層3としては、図6に示す膜厚40nmの $Dy_{0.23}(Fe_{0.55}Co_{0.45})_{0.77}$ を用いており、記録層4としては、図3に示す $TbFeCo$ よりもさらに Tb を多く含有する膜厚20nmの $Tb_{0.26}(Fe_{0.82}Co_{0.18})_{0.74}$ を用いた。記録層4の補償温度は100℃であり、キュリー温度は250℃であった。

【0029】記録層4の補償温度が100℃と高いため、その温度付近においては記録層4の磁化が小さくなり、記録積層体50のトータル磁化 M_s の温度依存性は、図6の $DyFeCo$ とほぼ同一であり、と高いピーク値を示し、磁束形成層3から大きな漏洩磁束を発生させることができる。したがって、再生層1との静磁結合力を強くすることができ、再生パワーマージンを広くすることが可能となる。

【0030】また、記録層4として用いた $TbFeCo$ 薄膜は、 Tb 含有量を増加させ、補償温度を高くする（具体的には室温よりも高くする）ことにより、キュリー温度近傍での保磁力の減少をより急激なものとする²⁰ことができる。図7に示す記録積層体の保磁力 H_c は、記録層4のキュリー温度250℃に向かって急激に減少しており、これにより、記録層4のキュリー温度近傍に加熱して磁界を印加することで、良好な記録特性が得られる。通常、補償温度を上昇させるとトータル磁化が減少し、漏洩磁束が小さくなるが、本発明の超解像光磁気記録媒体においては、磁束形成層3が漏洩磁束の発生源として働くため、記録層4のトータル磁化が小さくなっても³⁰良好な再生特性を得ることができる。

【0031】以上のように、本実施の形態の光磁気記録媒体では再生パワーマージンを大きくすることができる³⁰とともに、良好な記録特性を維持することが可能となる。

【0032】なお、上記したように、磁束形成層3は、少なくとも記録層4のトータル磁化が減少する高温領域において大きなトータル磁化のピーク値を有することが必要であり、そのためには、磁束形成層3のキュリー温度を Tc_3 、記録層4のキュリー温度を Tc_4 とした場合、少なくとも $Tc_3 > Tc_4$ であることが必要となる。また、磁束形成層3は、記録層4よりも、トータル磁化のピーク値が大きく、ピークとなる温度が高いものであることが望まれる。

【0033】さらに、室温においてあまり大きな磁束を漏洩させると再生層1の磁化に悪影響を与えるため、磁束形成層3は室温近傍に補償温度を有していることが望ましい。したがって、磁束形成層3の補償温度は、上述のように記録層4の補償温度は室温よりも高いことが望まれることを考慮すれば、記録層4の補償温度よりも低

8

いことが望ましい。

【0034】また、光ビームの照射領域中の最高到達温度部分で安定に磁束を漏洩させて、再生パワーマージンを大きくするためには、磁束形成層3のトータル磁化の最大となる温度は、再生層1の上記臨界温度より高い温度であることが望ましい。

【0035】また、図1においては、再生層1、非磁性中間層2、磁束形成層3、記録層4が、順次積層された構成について示しているが、磁束形成層3と記録層4の積層順を変えることも可能である。しかし、再生層1と磁束形成層3との間に安定した静磁結合状態を実現するためには、再生層1と磁束形成層3とをできるだけ近接して積層した図1に示す構成の方が望ましい。³⁰

【0036】（実施の形態2）図8は、本発明の第2の超解像光磁気記録媒体の断面磁化状態を説明する図である。本超解像光磁気記録媒体は、図1に示す第1の超解像光磁気記録媒体における磁束形成層3と記録層4との間に記録補助層7を設けたものである。

【0037】記録補助層7は、記録層4及び磁束形成層3に比べて垂直磁気異方性が小さい磁性膜である。記録層4のキュリー温度以下の温度範囲において、記録層4から記録補助層7へと交換結合が働き、さらに、記録補助層7から磁束形成層3へと交換結合が働くことにより、記録層4と磁束形成層3の副格子磁気モーメントの向きは平行となる。

【0038】一方、記録層4のキュリー温度以上の温度範囲においては、より垂直磁気異方性の小さい記録補助層7が磁束形成層3と交換結合することにより、磁束形成層3の保磁力が著しく低減されるか、または、磁化方向が膜面垂直方向から傾いた状態となり、実質的に保磁力が零に近くなる。記録層4のキュリー温度近傍以上の温度における磁束形成層3の保磁力が小さくなることにより、より小さな記録磁界で、磁束形成層3の磁化を反転させることが可能となり、その磁化方向が記録層4に転写され記録されることにより、低磁界で安定した記録を実現することが可能となる。

【0039】図9は、図8に示す本発明の第2の超解像光磁気記録媒体における磁束形成層3と記録補助層7と記録層4とを積層した構造（以下、記録積層体51と記す）のトータル磁化 M_s と保磁力 H_c の温度依存性を示している。ここで、磁束形成層3と記録層6としては、図7に示す膜厚40nmの $Dy_{0.23}(Fe_{0.55}Co_{0.45})_{0.77}$ と、膜厚20nmの $Tb_{0.26}(Fe_{0.82}Co_{0.18})_{0.74}$ を用いており、記録補助層7としては、磁束形成層3よりも垂直磁気異方性が小さく、記録層4よりもキュリー温度の高い磁性膜として、膜厚10nmの $Gd_{0.20}(Fe_{0.70}Co_{0.30})_{0.80}$ を用いた。

【0040】図9に示すトータル磁化 M_s と保磁力 H_c の温度依存性を見ると、図7に示す本発明の第1の超解像光磁気記録媒体同様に、250℃で $1.6 \times 10^5 A$

改り

(6)

9

$/m$ (160emu/cc) 以上 ($150^\circ\text{C}\sim 300^\circ\text{C}$ で $1.2\times 10^5\text{A/m}$ (120emu/cc) 以上) の大きな磁化を有しており、磁束形成層3から大きな漏洩磁束を発生させることができ、再生層1との静磁結合力を強くすることができる。ことがわかる。

【0041】さらに、記録補助層7の存在しない図7の光磁気記録媒体においては、記録層4のキュリー温度 250°C 以上において、磁束形成層3の保磁力が 16000A/m (2000e) 程度存在しており、記録を行なうために、少なくとも 16000A/m (2000e) 以上の磁界が必要となるが、記録補助層7を設けた図9の光磁気記録媒体においては、記録層4のキュリー温度 250°C 以上において、磁束形成層3の保磁力がほとんど零となっており、より低磁界での記録を実現することが可能となる。

【0042】以上のように、本実施の形態の光磁気記録媒体では再生パワーマージンを大きくすることができるとともに、実施の形態1よりもさらに良好な記録特性を維持することが可能となる。なお、上記したように、磁束形成層3は、少なくとも記録層4よりも大きなトータル磁化のピーク値を有することが必要であり、そのためには、磁束形成層3のキュリー温度を T_{c3} 、記録層4のキュリー温度を T_{c4} とした場合、少なくとも、 $T_{c3} > T_{c4}$ であることが必要となる。また、記録補助層7のキュリー温度を T_{c7} とすると、記録層4のキュリー温度 T_{c4} において、磁束形成層3の保磁力を低下させるべく、記録補助層7が磁性を有していることが必要であり、少なくとも $T_{c7} > T_{c4}$ であることが必要である。

【0043】また、実施の形態1と同様に室温において、記録積層体51からあまり大きな磁束を漏洩させると再生層1の磁化に悪影響を与えるため、磁束形成層3は室温近傍に補償温度を有していることが望ましい。さらに、光ビームの照射領域中の最高到達温度部分で安定に磁束を漏洩させて、再生パワーマージンを大きくするためには、磁束形成層3のトータル磁化の最大となる温度は、再生層1の上記臨界温度より高い温度であることが望ましい。

【0044】また、図8においては、再生層1、非磁性中間層2、磁束形成層3、記録補助層7、記録層4が順次積層された構成について示しているが、低磁界記録を実現するためには、記録補助層7と記録層4と磁束形成層3が交換結合していれば良く、例えば、再生層1、非磁性中間層2、磁束形成層3、記録層4、記録補助層7が順次積層された構成、再生層1、非磁性中間層2、記録補助層7、記録層4、磁束形成層3が順次積層された構成としても良いが、再生層1と磁束形成層3との間に安定した静磁結合状態を実現するためには、再生層1と磁束形成層3とをできるだけ近接して積層した図8に示す再生層1、非磁性中間層2、磁束形成層3、記録補助

10

層7、記録層4が順次積層された構成、または、再生層1、非磁性中間層2、磁束形成層3、記録層4、記録補助層7が順次積層された構成が望ましい。

【0045】なお、この(実施の形態2)及び上記(実施の形態1)では、再生層1として面内磁化から垂直磁化に移行する再生層を用いた超解像光磁気記録媒体について説明したが、本発明はこれに限るものではなく、再生層と記録層とが静磁結合した構成の超解像光磁気記録媒体であれば適応可能であり、例えば特開平8-180486号公報に記載されているような、再生層1として垂直磁化磁性層を用いた超解像光磁気記録媒体にも適用できる(実施例7参照)。

【0046】(実施の形態3) 図10は、本発明の第3の超解像光磁気記録媒体の断面磁化状態を説明する図である。ここでは、図1に示す第1の超解像光磁気記録媒体における再生層1に対して、再生層1が垂直磁化状態となる臨界温度近傍にキュリー温度を有する面内磁化層8を積層して設けている。この光磁気記録媒体においては、面内磁化層8のキュリー温度以下の温度範囲において、再生層1と面内磁化層8とが交換結合することにより、再生層1における面内磁化マスクが強化される。従って、第1の超解像光磁気記録媒体と同様に、広い再生パワーマージンと良好な記録特性が得られるとともに、より高い再生分解能を実現することが可能となる。

【0047】この超解像光磁気記録媒体においては、光ビーム5の入射側から、再生層1、面内磁化層8が順次積層された構成について説明したが、光ビーム5の入射側から、面内磁化層8、再生層1を順次積層した構成とすることも可能である。しかし、再生信号を生成するのは、再生層1の垂直磁化状態となった領域であり、光ビーム5の入射側から、面内磁化層8、再生層1を順次積層した構成においては、光ビーム5が面内磁化層8を透過して、再生層1からの再生光を検出するため、反射光に含まれる再生信号成分が小さくなり、相対的に再生信号品質が劣化してしまう。すなわち、光ビーム5の入射側から、再生層1、面内磁化層8が順次積層された構成とすることが望ましい。

【0048】(実施の形態4) 図11は、本発明の第4の超解像光磁気記録媒体の断面磁化状態を説明する図である。図8に示す第2の超解像光磁気記録媒体における再生層1に対して、再生層1が垂直磁化状態となる臨界温度近傍にキュリー温度を有する面内磁化層8が積層して設けられている。この光磁気記録媒体においては、面内磁化層8のキュリー温度以下の温度範囲において、再生層1と面内磁化層8とが交換結合することにより、再生層1における面内磁化マスクが強化される。従って、第8の超解像光磁気記録媒体と同様に、広い再生パワーマージンと良好な記録特性と低磁界記録を実現することができる。とともに、より高い再生分解能を実現することが可能となる。

(7)

11

【0049】この超解像光磁気記録媒体においては、光ビーム5の入射側から、再生層1、面内磁化層8が順次積層された構成について説明したが、光ビーム5の入射側から、面内磁化層8、再生層1を順次積層した構成とすることも可能である。しかし、再生信号を生成するのは、再生層1の垂直磁化状態となった領域であり、光ビーム5の入射側から、面内磁化層8、再生層1を順次積層した構成においては、光ビーム5が面内磁化層8を透過して、再生層1からの再生光を検出するため、反射光に含まれる再生信号成分が小さくなり、相対的に再生信号品質が劣化してしまう。すなわち、光ビーム5の入射側から、再生層1、面内磁化層8が順次積層された構成とすることが望ましい。

【0050】以下、本発明の具体例について説明する。

【0051】(実施例1) 本発明の実施の形態1の超解像光磁気記録媒体を光磁気ディスクに適用した場合について説明する。図12は、この超解像光磁気ディスクの構成を示す断面図である。この超解像光磁気ディスクは、基板9、透明誘電体層10、再生層1、非磁性中間層2、磁束形成層3、記録層4、保護層11、オーバーコート層12が、この順にて積層されたディスク本体を有している。

【0052】このような光磁気ディスクでは、その記録方式として記録層4をキュリー温度近傍に加熱して磁界を印加するというキュリー温度記録方式が用いられ、そして、極カー効果として知られている光磁気効果によって情報が再生されるようになっており、半導体レーザから出射される光ビーム5が対物レンズにより再生層1に絞り込まれ記録再生が行われる。上記極カー効果とは、入射表面に垂直な磁化の向きにより、反射光の偏光面の回転の向きが逆方向になる現象である。

【0053】基板9は、例えばポリカーボネート等の透明な基材からなり、ディスク状に形成される。

【0054】透明誘電体層10は、AlN、SiN、AlSiN等の酸素を含まない材料で構成されることが望ましく、その膜厚は、入射するレーザ光に対して、良好な干渉効果が実現し、媒体のカー回転角が増大すべく設定される必要があり、再生光の波長を λ 、透明誘電体層10の屈折率を n とした場合、透明誘電体層10の膜厚は $(\lambda/4n)$ 程度に設定される。例えば、レーザ光の波長を680nmとした場合、透明誘電体層10の膜厚を40nm以上100nm以下程度に設定すれば良い。

【0055】再生層1は、希土類遷移金属合金非晶質薄膜からなる磁性膜であり、その磁気特性が、室温において面内磁化状態であり、温度上昇にともない、ある臨界温度以上の温度で垂直磁化状態となるように組成調整されている。再生層1としては、GdFeCo、GdDyFeCo、GdTbFeCo等の材料を用いることが可能である。

【0056】再生層1の上記臨界温度は、100℃以上

12

200℃以下であることが望ましい。臨界温度が100℃より低くなると、僅かな温度上昇により再生層1が垂直磁化状態となり、環境温度の変化に対して、安定した再生特性を得ることができなくなる。また、臨界温度が200℃より高くなると、臨界温度と記録層3のキュリー温度が近接することにより、再生パワーマージンを確保することが困難となる。

【0057】再生層1の膜厚は、10nm以上80nm以下であることが望ましい。再生層1の膜厚が10nmより薄くなると、再生層1からの反射光が減少し、再生信号強度が著しく低下するとともに、再生層1を透過した光ビーム5が磁束形成層3の磁化情報を再生することにより、再生分解能の劣化を招くことになる。また、膜厚を80nmより厚くすると、トータル膜厚増加による記録感度劣化が著しくなる。

【0058】非磁性中間層2は、AlN、SiN、AlSiN等の誘電体、または、Al、Ti、Ta等の非磁性金属またはそれらの合金からなり、再生磁性層1と記録磁性層3とが安定して静磁結合すべく、その膜厚が0.5nm以上60nm以下に設定されている。非磁性中間層2の膜厚が0.5nmより薄くなると、非磁性中間層2が連続的に形成されず、安定した静磁結合状態を維持することができなくなる。また、非磁性中間層2の膜厚が60nmより厚くなると、磁束形成層3と再生層1との距離が離れることにより、安定した静磁結合状態を維持できなくなる。磁束形成層3と再生層1との距離は、60nm以下であることが望ましい。

【0059】磁束形成層3は、室温近傍に補償温度を有する希土類遷移金属合金からなる垂直磁化膜からなり、記録層4よりも垂直磁気異方性が小さい材料であることが望ましい。

【0060】また、この磁束形成層3は、磁界変調記録を行なうためには、記録層4のキュリー温度において、保磁力が24000A/m(300Oe)以下であることが望ましい。

【0061】磁束形成層3の膜厚は20nm以上80nm以下の範囲に設定されている。磁束形成層3の膜厚が20nmより薄くなると、磁束形成層3から発生する漏洩磁束が小さくなることにより、安定した静磁結合状態を維持できなくなる。また、磁束形成層3の膜厚が80nmより厚くなると、トータル膜厚増加による記録感度劣化が著しくなる。

【0062】磁束形成層3の補償温度は、-50℃以上100℃以下であることが望ましい。補償温度が-50℃より低くなると、室温近傍において大きな漏洩磁束が磁束形成層3から発生し、再生分解能の低下を招くことになる。また、補償温度が100℃以上になると再生層1が垂直磁化状態となる温度領域において、磁束形成層3のトータル磁化が小さくなり、安定した静磁結合状態を維持できなくなる。

(8)

13

【0063】また、磁束形成層3は、再生層1が垂直磁化状態となる臨界温度近傍において、磁束形成層3から大きな漏洩磁束を発生させるべく、記録層4よりもトータル磁化のピーク値が大きいものであることが必要であり、少なくとも記録層4のキュリー温度よりも高いことが要求される。

【0064】さらに、高温において安定に漏洩磁束を供給して再生層1とより安定した静磁結合状態を実現するためには、磁束形成層3のトータル磁化のピークは上記再生層1の臨界温度より高いことが望ましく、キュリー温度としては300℃以上であることが望ましい。

【0065】このような磁束形成層3としては、例えば、磁束形成層3としては、 DyFeCo 、 HoFeCo 、 DyHoFeCo 、 GdDyFeCo 、 GdHoFeCo を用いることが可能である。

【0066】記録層4は、希土類遷移金属合金からなる垂直磁化膜からなり、磁束形成層3に比べて垂直磁気異方性が大きく、かつ、実用的な記録感度を実現するために、そのキュリー温度が220℃以上280℃以下の範囲に設定されていることが望ましい。

【0067】また、磁界変調記録された磁区を安定して保持するため、記録層4のキュリー温度からの温度下降過程において、記録層4の保磁力が急激に大きくなることが望ましく、そのためには、記録層4の補償温度が50℃以上200℃以下であることが望ましい。記録層4としては、 TbFeCo 、 TbDyFeCo 等の比較的垂直磁気異方性が大きな材料を用いることが望ましく、さらに、磁束形成層3より垂直磁気異方性が大きいことが望ましい。

【0068】記録層4の膜厚は10nm以上40nm以下の範囲に設定されていることが望ましい。記録層4の膜厚が10nmより薄くなると、記録層4が磁束形成層3に比べて薄くなりすぎ、磁束形成層3と交換結合することにより、磁束形成層3の磁気特性による影響が相対的に強くなり、記録層4のキュリー温度からの温度下降過程において、記録層4の保磁力が徐々に大きくなることにより、記録特性が劣化してしまう。また、記録層3の膜厚が40nmより厚くなると、トータル膜厚増加による記録感度劣化が著しくなる。

【0069】保護層11は、 AlN 、 SiN 、 AlSiN 等の誘電体、または、 Al 、 Ti 、 Ta 等の非磁性金属合金からなり、再生磁性層1及び記録磁性層3に用いる希土類遷移金属合金の酸化を防止する目的で形成されるものであり、その膜厚が5nm以上60nm以下の範囲に設定されている。

【0070】オーバーコート層12は、紫外線硬化樹脂または熱硬化樹脂をスピンコートにより塗布して、紫外線を照射するか、または、加熱するかによって形成される。

【0071】次に、この構成の光磁気ディスクの形成方

14

法及び記録再生特性の具体例を説明する。

【0072】(1) 光磁気ディスクの形成方法

まず、 Al ターゲットと、 GdFeCo 合金ターゲットと、 DyFeCo 合金ターゲットと、 TbFeCo 合金ターゲットとをそれぞれ備えたスパッタ装置内の基板ホルダーに、0.6 μm 幅のランド記録領域とグループ記録領域とがスパイラル状に形成されたランド・グループ記録可能なディスク状に形成されたポリカーボネート製の基板9を配置する。そして、スパッタ装置内を $1.3 \times 10^{-4} \text{Pa}$ ($1 \times 10^{-6} \text{Torr}$) まで真空排気した後、アルゴンと窒素の混合ガスを導入し、 Al ターゲットに電力を供給して、ガス圧0.53Pa ($4 \times 10^{-3} \text{Torr}$) の条件で、基板9上に AlN からなる透明誘電体層10を膜厚60nmで形成する。

【0073】次に、再度、スパッタ装置内を $1.3 \times 10^{-4} \text{Pa}$ ($1 \times 10^{-6} \text{Torr}$) まで真空排気した後、アルゴンガスを導入し、 GdFeCo 合金ターゲットに電力を供給して、ガス圧0.53Pa ($4 \times 10^{-3} \text{Torr}$) とし、上記透明誘電体層10上に、 $\text{Gd}_{0.30}(\text{Fe}_{0.80}\text{Co}_{0.20})_{0.70}$ からなる再生層1を膜厚40nmで形成した。その再生層1は、室温において面内磁化状態であり、110℃の温度で垂直磁化状態となる特性を有し、そのキュリー温度が300℃であり、補償温度は存在せず、室温からキュリー温度まで RE rich 組成であった。

【0074】次に、アルゴンと窒素の混合ガスを導入し、 Al ターゲットに電力を供給して、ガス圧0.53Pa ($4 \times 10^{-3} \text{Torr}$) の条件で、上記再生層1上に AlN からなる非磁性中間層2を膜厚5nmで形成した。

【0075】次に、再度、スパッタ装置内を $1.3 \times 10^{-4} \text{Pa}$ ($1 \times 10^{-6} \text{Torr}$) まで真空排気した後、アルゴンガスを導入し、 DyFeCo 合金ターゲットに電力を供給して、ガス圧0.53Pa ($4 \times 10^{-3} \text{Torr}$) とし、上記非磁性中間層2上に、 $\text{Dy}_{0.23}(\text{Fe}_{0.55}\text{Co}_{0.45})_{0.77}$ からなる磁束形成層3を膜厚50nmで形成した。その磁束形成層3は、25℃に補償温度を有し、キュリー温度が375℃であった。

【0076】次に、引き続き、 TbFeCo 合金ターゲットに電力を供給して、ガス圧0.53Pa ($4 \times 10^{-3} \text{Torr}$) とし、上記磁束形成層3上に、 $\text{Tb}_{0.26}(\text{Fe}_{0.82}\text{Co}_{0.18})_{0.74}$ からなる記録層4を膜厚15nmで形成した。その記録層4は、100℃に補償温度を有し、キュリー温度が250℃であった。

【0077】次に、アルゴンと窒素の混合ガスを導入し、 Al ターゲットに電力を供給して、ガス圧0.53Pa ($4 \times 10^{-3} \text{Torr}$) の条件で、上記記録層4上に AlN からなる保護層11を膜厚20nm形成した。

【0078】最後に、上記保護層11上に、紫外線硬化樹脂をスピンコートにより塗布して、紫外線を照射する

15

ことによりオーバーコート層12を形成した。

【0079】(2)記録再生特性

上記した実施例1の光磁気ディスクと同様にして、磁束形成層3と記録層4の替わりに、膜厚65nmのTb_{0.24}(Fe_{0.85}Co_{0.15})_{0.76}からなる記録層6のみを設けた図2に示す従来の超解像光磁気ディスクを比較例1として作製した。比較例1における記録層6は、補償温度が25℃であり、キュリー温度が250℃であった。

【0080】上記実施例1と比較例1の超解像光磁気ディスクを、波長630nmの半導体レーザを用いた光ピックアップを有する評価装置で、線速5m/sの条件で、磁界変調記録方式により、マーク長0.3μmの繰り返し記録磁区をランド記録領域に形成した。その記録磁区を再生した場合のCNR(信号対雑音比)の再生パワー依存性を図13に示す。図中、CNR1が実施例1の結果を示し、CNR11が比較例1の結果を示している。

【0081】ここで、0.3μmのマーク長とは、マーク長に対応する長さ(0.3μm)の記録磁区をマーク長の2倍のピッチ(0.6μm)で繰り返し形成したものである。

【0082】CNR1(実施例1)及びCNR11(比較例1)ともに、超解像再生が実現することにより、再生パワー上昇とともに再生層1が面内磁化状態から垂直磁化状態へと遷移し、それに伴いCNRが大きくなる。CNRが最大となる再生パワー1.6mWにおいて、CNR1とCNR11は、ともに36dBであった。さらに、再生パワーを上昇させると、CNR11が急激に減少するのに対して、CNR1はほとんど変化せず、実施例1において、より広い再生パワーマージンが得られることがわかる。比較例1の場合、再生パワーの上昇にともない、光ビームスポット中心の温度が記録層6のキュリー温度に近付くことにより、光ビームスポット中心における記録層6のトータル磁化が小さくなり、それに伴い、記録層6からの漏洩磁束も小さくなるため、再生層1と記録層6との静磁結合が弱くなり、安定した再生を行なうことができなくなる。これに対して、実施例1においては、記録層4のキュリー温度近傍まで、磁束形成層3のトータル磁化が大きくなり続けるため、光ビームスポット中心における磁束形成層3のトータル磁化が常に最大となり、かつ、磁束形成層3からの漏洩磁束が再生パワーの上昇にともない、徐々に大きくなるため、より広い再生パワーマージンが得られることになる。

【0083】(実施例2)本発明の実施例2について、図面に基づいて説明すれば以下の通りである。本実施例では、光磁気記録媒体を光磁気ディスクに適用した場合について説明する。なお、ここでは(実施例1)と同様一な部分については説明を省略する。

【0084】図14はこの光磁気ディスクの構成を示す

(9)

16

断面図である。この光磁気ディスクは、基板9、透明誘電体層10、再生層1、非磁性中間層2、磁束形成層3、記録補助層7、記録層4、保護層11、オーバーコート層12が、この順にて積層されたディスク本体を有している。

【0085】実施例2の超解像光磁気ディスクは、実施例1の超解像光磁気ディスクに対して、磁束形成層3と記録層4との間に、膜厚10nmのGd_{0.26}(Fe_{0.78}Co_{0.22})_{0.74}からなる記録補助層7を形成した構成である。

【0086】上記記録補助層7は、キュリー温度が320℃であり、記録層4のキュリー温度250℃で2400A/m(300e)の保磁力を有していた。

【0087】実施例2の超解像光磁気ディスクにおけるマーク長0.3μmでのCNRの再生パワー依存性を、実施例1と同じ条件で調査した結果、図13に示す実施例1のCNR1とはほぼ同様な結果が得られ、実施例2においても実施例1と同様に、広い再生パワーマージンが得られることが確認された。

【0088】次に、マーク長0.3μm・再生パワー1.8mW・記録パワー5.5mWの条件における、実施例2の超解像光磁気ディスクのCNRの記録磁界依存性(CNR2)を図15に示す。実施例1の超解像光磁気ディスクのCNRの記録磁界依存性(CNR1)も同図に示す。図15において、記録磁界8000A/m(1000e)とは、記録パワー5.5mWの連続レーザ光を照射した状態で、±8000A/m(±1000e)の間で強度変調された交番磁界を磁気ヘッドにより印加して記録を行なったことを意味している。

【0089】記録補助層7のない実施例1の超解像光磁気ディスクのCNR1は、記録磁界24000A/m(3000e)で飽和しているのに対して、記録補助層7を設けた実施例2の超解像光磁気ディスクのCNR2は、記録磁界8000A/m(1000e)で飽和しており、記録補助層7を設けることにより、低磁界記録を実現できることがわかる。

【0090】以上の結果は、実施例1においては、記録層4のキュリー温度における磁束形成層3の保磁力が16000A/m(2000e)であり、良好な記録を行なうために24000A/m(3000e)の記録磁界が必要となるのに対して、実施例2においては、記録層4のキュリー温度における保磁力が2400A/m(300e)程度と極めて小さい記録補助層7が磁束形成層3及び記録層4と交換結合しており、記録補助層7及び磁束形成層3の磁化が低磁界で容易に反転するため、8000A/m(1000e)程度の記録磁界で良好な記録が実現したものと考えられる。

【0091】(実施例3)本発明の実施例3について、図面に基づいて説明すれば以下の通りである。本実施例では、光磁気記録媒体を光磁気ディスクに適用した場合

(10)

17

について説明する。なお、ここでは（実施例1）、（実施例2）と同様な部分については説明を省略する。

【0092】図16は、この光磁気ディスクの構成を示す断面図である。この光磁気ディスクは、基板9、透明誘電体層10、再生層1、面内磁化層8、非磁性中間層2、磁束形成層3、記録層4、保護層11、オーバーコート層12が、この順にて積層されたディスク本体を有している。

【0093】実施例3の超解像光磁気ディスクは、実施例1の超解像光磁気ディスクに対して、再生層1と非磁性中間層2との間に、膜厚20nmの $Gd_{0.13}Fe_{0.87}$ からなる面内磁化層8が形成された構成である。

【0094】上記面内磁化層8は、キュリー温度が140℃であり、該キュリー温度まで常に面内磁化状態を示す面内磁化膜であった。

【0095】また、同様にして、実施例3の磁束形成層3と記録層4を設けずに、膜厚65nmの $Tb_{0.24}(Fe_{0.85}Co_{0.15})_{0.76}$ からなる記録層6のみを設けた従来の超解像光磁気ディスクを比較例3として作製した。比較例3における記録層6は、補償温度が25℃であり、キュリー温度が250℃であった。

【0096】上記実施例3と比較例3の超解像光磁気ディスクに対して、実施例1と同様にして、マーク長0.3 μm の記録磁区を再生した場合のCNRの再生パワー依存性を調査した結果を図17に示す。図中、CNR3が実施例3の結果を示し、CNR33が比較例3の結果を示している。

【0097】低キュリー温度の面内磁化層8を再生層1に交換結合させた結果、再生層1における面内磁化マスクが強化され、実施例1のCNR1及びCNR11にくらべて、実施例3のCNR3及びCNR33は、低再生パワーにおけるCNRが小さくなり、最適再生パワーでのCNRが大きくなっており、再生分解能の向上が実現している。

【0098】CNR3とCNR33を比較すると、実施例1の場合と同様に、CNR3の再生パワーマージンが、CNR33の再生パワーマージンに比べて広がっていることがわかる。

【0099】（実施例4）本発明の実施例4について、図面に基づいて説明すれば以下の通りである。本実施例では、光磁気記録媒体を光磁気ディスクに適用した場合について説明する。なお、本実施例では（実施例1）～（実施例3）と同様な部分については説明を省略する。

【0100】図18は、この光磁気ディスクの構成を示す断面図である。この光磁気ディスクは、基板9、透明誘電体層10、再生層1、面内磁化層8、非磁性中間層2、磁束形成層3、記録補助層7、記録層4、保護層11、オーバーコート層12が、この順にて積層されたディスク本体を有している。

【0101】実施例4の超解像光磁気ディスクは、実施

18

例3の超解像光磁気ディスクに対して、磁束形成層3と記録層4との間に、膜厚10nmの $Gd_{0.26}(Fe_{0.78}Co_{0.22})_{0.74}$ からなる記録補助層7が形成された構成である。

【0102】上記記録補助層7は、キュリー温度が320℃であり、記録層4のキュリー温度250℃で2400A/m(300e)の保磁力を有していた。

【0103】実施例4の超解像光磁気ディスクにおけるマーク長0.3 μm でのCNRの再生パワー依存性を、実施例3と同じ条件で調査した結果、図17に示す実施例3のCNR3とほぼ同様な結果が得られ、実施例4においても実施例3と同様に、広い再生パワーマージンが得られることが確認された。

【0104】次に、マーク長0.3 μm ・再生パワー2.0mW・記録パワー5.8mWの条件における、実施例4の超解像光磁気ディスクのCNRの記録磁界依存性(CNR4)を図19に示す。実施例3の超解像光磁気ディスクのCNRの記録磁界依存性(CNR3)を同図に示す。図19において、記録磁界8000A/m(1000e)とは、記録パワー5.5mWの連続レーザー光を照射した状態で、 $\pm 8000A/m(\pm 1000e)$ の間で強度変調された交番磁界を磁気ヘッドにより印加して記録を行なったことを意味している。

【0105】記録補助層7のない実施例3の超解像光磁気ディスクのCNR3は、記録磁界24000A/m(3000e)で飽和しているのに対して、記録補助層7を設けた実施例4の超解像光磁気ディスクのCNR4は、記録磁界8000A/m(1000e)で飽和しており、記録補助層7を設けることにより、低磁界記録を実現できることがわかる。

【0106】以上の結果は、実施例3においては、記録層4のキュリー温度における磁束形成層3の保磁力が16000A/m(2000e)であり、良好な記録を行なうために24000A/m(3000e)の記録磁界が必要となるのに対して、実施例4においては、記録層4のキュリー温度における保磁力が2400A/m(300e)程度と極めて小さい記録補助層7が磁束形成層3及び記録層4と交換結合しており、記録補助層7及び磁束形成層3の磁化が低磁界で容易に反転するため、8000A/m(1000e)程度の記録磁界で良好な記録が実現したものと考えられる。

【0107】以上、実施例1及び実施例2及び実施例3及び実施例4においては、再生層1及び面内磁化層8と、磁束形成層3及び記録補助層7及び記録層4とを安定して静磁結合させること目的として、非磁性中間層2を設けた構成について説明を行なったが、静磁結合していれば良く、非磁性中間層2に限られるものではない。例えば、Gd、Tb、Dy、Nd等のキュリー温度が極めて低い希土類金属を設けた場合や、交換結合を断ち切ることが可能な程に強い面内磁気異方性を有するFe、

(11)

19

Co等の遷移金属を設けた場合においても、安定した静磁結合状態を実現することが可能であり、この場合も、実施例1及び実施例2及び実施例3及び実施例4と同様な記録再生特性を得ることができる。

【0108】(実施例5)本実施例においては、実施例3に記載した媒体構成の磁束形成層3の材料を変えた超解像光磁気ディスクについて、その記録再生特性を調査する。なお、本実施例においては上述の各実施例と同様な部分については説明を省略する。

【0109】実施例3においては、再生層1、面内磁化層8、磁束形成層3、記録層4として、それぞれ、GdFeCo、GdFe、DyFeCo、TbFeCoを用いた場合について説明を行なったが、TbFeCo記録層4のキュリー温度において、DyFeCo磁束形成層3が16000 A/m (200 Oe) 程度の保磁力を持つため、図19のCNR3において示すように、24000 A/m (300 Oe) の記録磁界が必要となる。ここで、磁束形成層3として、TbFeCo記録層4のキュリー温度において、より低い保磁力を有する材料を用*

	Tc3	Hc3	Hrec
Dy _{0.23} (Fe _{0.55} Co _{0.45}) _{0.77}	375 °C	16000 A/m	24000 A/m
Ho _{0.27} (Fe _{0.35} Co _{0.65}) _{0.73}	340 °C	3200 A/m	8800 A/m
(Ho _{0.25} Dy _{0.75}) _{0.24} (Fe _{0.50} Co _{0.50}) _{0.78}	350 °C	8000 A/m	14400 A/m
(Ho _{0.50} Tb _{0.50}) _{0.25} (Fe _{0.45} Co _{0.55}) _{0.75}	365 °C	9600 A/m	17600 A/m
(Gd _{0.25} Dy _{0.75}) _{0.25} (Fe _{0.50} Co _{0.50}) _{0.75}	365 °C	9600 A/m	12000 A/m
(Gd _{0.50} Tb _{0.50}) _{0.25} (Fe _{0.55} Co _{0.45}) _{0.75}	375 °C	10400 A/m	12800 A/m

本実施例においては、磁束調整層3として、HoFeCo、HoDyFeCo、HoTbFeCo、GdDyFeCo、GdTbFeCoを用いた場合について説明したが、これに限られるものではない。本発明によれば、TbFeCo記録層4のキュリー温度において、DyFeCoより低い保磁力を有する希土類遷移金属合金を用いることにより、同様な低磁界記録を実現することが可能となる。

【0112】また、本実施例においては、実施例3の構成で磁束形成層3のHc3を小さくすることにより低磁界記録が実現されることを説明したが、実施例1及び実施例2及び実施例4の構成においても、磁束形成層3のHc3を小さくすることにより、より低磁界での記録が実現される。

【0113】(実施例6)本実施例においては、実施例4に記載した媒体構成のDyFeCo磁束形成層3の組成を変えた超解像光磁気ディスクについて、その記録再生特性を調査する。

【0114】実施例3においては、再生層1、面内磁化層8、磁束形成層3、記録補助層7、記録層4として、それぞれ、GdFeCo、GdFe、DyFeCo、GdFeCo、TbFeCoを用いた場合について説明を行なったが、本実施例においては、磁束形成層3以外の磁性層の実施例4と同じ磁性層を用い、DyFeCo磁

20

*いることにより、実施例3の媒体構成において、より低磁界での記録を実現することが可能となる。そのためには、磁束形成層3として、DyFeCoより垂直磁気異方性の小さいHoFeCo、HoDyFeCo、HoTbFeCo、GdDyFeCo、GdTbFeCo等の希土類遷移金属合金を用いることが望ましい。

【0110】表1は、上記磁性材料を磁束形成層3として用いた場合の磁束形成層3のキュリー温度Tc3と、TbFeCo記録層4のキュリー温度(250°C)での磁束形成層3の保磁力Hc3と、図19と同様にして測定した記録磁界依存性においてCNRが飽和する記録磁界Hrecとを示している。Dyよりも垂直磁気異方性係数の小さい、HoまたはGdを希土類金属として用いるか、または、含有させることにより、Hc3がDyFeCoの場合に比べて小さくなっており、記録磁界Hrecも同時に低下していることがわかる。

【0111】

【表1】

束形成層3のみの組成を変えて、磁束形成層3として必要となる磁気特性について調べる。

【0115】表2に様々な組成の磁束形成層3のキュリー温度Tc3と、補償温度Tcomp3とを示す。

【0116】

【表2】

	組成	Tc3	Tcomp3
No.1	Dy _{0.23} (Fe _{0.70} Co _{0.30}) _{0.77}	275°C	25°C
No.2	Dy _{0.23} (Fe _{0.85} Co _{0.15}) _{0.77}	300°C	25°C
No.3	Dy _{0.23} (Fe _{0.80} Co _{0.20}) _{0.77}	345°C	25°C
No.4	Dy _{0.23} (Fe _{0.55} Co _{0.45}) _{0.77}	375°C	25°C
No.5	Dy _{0.23} (Fe _{0.50} Co _{0.50}) _{0.77}	380°C	25°C
No.6	Dy _{0.23} (Fe _{0.45} Co _{0.55}) _{0.77}	385°C	25°C
No.7	Dy _{0.21} (Fe _{0.55} Co _{0.45}) _{0.79}	390°C	-125°C
No.8	Dy _{0.22} (Fe _{0.55} Co _{0.45}) _{0.78}	385°C	-50°C
No.9	Dy _{0.23} (Fe _{0.55} Co _{0.45}) _{0.77}	375°C	25°C
No.10	Dy _{0.24} (Fe _{0.55} Co _{0.45}) _{0.76}	360°C	100°C
No.11	Dy _{0.25} (Fe _{0.55} Co _{0.45}) _{0.75}	345°C	170°C

図20は、表2において希土類金属と遷移金属の比率を一定に保ち、FeとCoの比率を変えたNo. 1～No. 6の超解像光磁気ディスクにおけるマーク長0.3 μmでのCNRの再生パワー依存性を、実施例3と同じ条件で調査した結果を示している。

【0117】磁束形成層3のキュリー温度が低下することにより、トータル磁化が最大となる温度も低下するた

(12)

21

め、磁束形成層3のキュリー温度の低い超解像光磁気ディスクほど、低い再生パワーでCNRの上昇が始まることがわかる。

【0118】また、DyFeCo磁束形成層3のキュリー温度が275℃であるNo. 1の超解像光磁気ディスクの場合、実施例3において記載した図17に示す磁束形成層3の存在しない構成の超解像光磁気ディスク(CNR33)と同様な再生パワー依存性を示しており、磁束形成層3を設けた効果が見られなかった。これに対して、Co含有率を相対的に大きくしてDyFeCo磁束形成層3のキュリー温度を300℃にしたNo. 2の超解像光磁気ディスクにおいては、No. 1の超解像光磁気ディスクに比べて、より広い再生パワー範囲において37dB程度のCNRが得られており、磁束形成層3を設けたことによる再生パワーマージン拡大の効果が確認される。同様に、さらに磁束形成層3のキュリー温度を高くしたNo. 3～No. 6の超解像光磁気ディスクにおいても、磁束形成層3を設けたことによる再生パワーマージン拡大の効果が確認される。

【0119】以上の結果から、磁束形成層3のキュリー温度は、300℃以上であることが必要であることがわかる。

【0120】次に、図21は、表2においてFeとCoの比率を一定に保ち、希土類金属と遷移金属の比率を変えたNo. 7～No. 11の超解像光磁気ディスクにおけるマーク長0.3μmでのCNRの再生パワー依存性を、実施例3と同じ条件で調査した結果を示している。

【0121】希土類遷移金属合金はフェリ磁性体であるため、補償温度においてトータル磁化が零となり、さらに温度上昇することによりトータル磁化が大きくなるため、補償温度が-125℃であるNo. 7の超解像光磁気ディスクにおいては、環境温度近傍において、磁束形成層3がすでに大きなトータル磁化を有することになり、再生分解能が低下してしまう。そのため、No. 7の最大CNRは、33dB程度と極めて小さくなり、良好な再生を行なうことが困難となる。これに対して、補償温度が-50℃であるNo. 8の超解像光磁気ディスクと、補償温度が25℃であるNo. 9の超解像光磁気ディスクと、補償温度が100℃であるNo. 10の超解像光磁気ディスクにおいては、37dB程度のCNRと、広い再生パワーマージンとが実現されていることがわかる。しかし、補償温度が170℃であるNo. 11の超解像光磁気ディスクにおいては、39dB近いCNRが得られているが、再生パワーマージンが極めて狭くなり、安定した再生を行なうことができなくなる。

【0122】以上の結果から、磁束形成層3の補償温度は、-50℃以上100℃以下であることが必要であることがわかる。

【0123】(実施例7) 以上の実施例においては、再生層1として室温において面内磁化状態であり、温度上

22

昇とともに、ある臨界温度以上の温度において垂直磁化状態となるREr i c h組成の希土類遷移金属合金を用いた超解像光磁気記録媒体について記載したが、上述したように、本発明は、再生層と記録層とが少なくとも昇温時に(再生時に)静磁結合する構成の超解像光磁気記録媒体であれば適応可能である。

【0124】図22は、室温において垂直磁化状態であり、ほぼ室温に補償温度を有する(即ち、室温からキュリー温度まで垂直磁化を示す)TMr i c h組成の第2の再生層13を用いた超解像光磁気記録媒体に対して、本発明の磁束形成層3と記録層4と静磁結合させた構成の断面磁化状態を説明する図である。

【0125】これに対して、図23は、特開平8-180486号公報に記載されている超解像光磁気記録媒体の断面磁化状態を示しており、室温において垂直磁化状態であり、ほぼ室温に補償温度を有するTMr i c h組成の第2の再生層13、非磁性中間層2、記録層6が順次積層されており、記録層6から発生する漏洩磁束と第2の再生層13のトータル磁化とが静磁結合することにより、温度上昇した領域の記録層の磁化状態が第2の再生層13へと転写され超解像再生が実現する。この場合、第2の再生層13がTMr i c h組成であるため、第2の再生層13へと転写された磁区のTMモーメントの向きは、REr i c h組成の再生層1を用いた場合のTMモーメントの向きと逆向きになる。なお、第2の再生層13は、再生温度付近で大きな磁化を有することが、再生時に磁束形成層3及び記録層4との静磁結合が強くなるため、望ましい。したがって、上述のようにほぼ室温に補償温度を有しており、再生温度付近で磁化がピーク値を取るような磁性層が望ましい。

【0126】図23に示す超解像光磁気記録媒体においても、実施例1の場合と同様に、記録層6が静磁結合のための漏洩磁束を発生する役割と、情報を記録する役割の両方を担っていることになる。そのため、図22に示すように、記録層6の替わりに、磁束形成層3と記録層4とを形成することにより、安定した静磁結合状態を実現し、広い再生パワーマージンを得ることが可能となるとともに、良好な記録特性を得ることができる。さらに、図24に示すように、記録補助層7を設けることにより、広い再生パワーマージンと良好な記録特性を得ることが可能になるとともに、低磁化記録を実現することができる。なお、磁束形成層3としては上述の各実施の形態、実施例に記載のものが使用できる。

【0127】なお、本実施例の光磁気ディスクでは、例えば、再生時に再生磁界を光ビーム照射位置に照射しておいて、第2の再生層13における静磁結合が起こる高温領域以外の部分の磁化方向を上記再生磁界の方向に応じた方向に揃えておき、高温領域のみに磁化を転写することで超解像再生が実現できる。

【0128】

(13)

23

【発明の効果】本発明の光磁気記録媒体によれば、再生層(第3磁性層)と磁束形成層(第2磁性層)および記録層(第1磁性層)との静磁結合力が大きくなり、より小さい記録磁区を上記再生磁性層へと転写し安定して再生することができ、再生パワーマージンを広くすることが可能となる。また、再生層との静磁結合のための漏洩磁束を発生させる役割を磁束形成層が担い、良好な記録状態を実現させる役割を記録層が担うことにより、広い再生パワーマージンを有し、かつ、良好な記録を実現可能な超解像光磁気ディスクを提供することが可能となる。

【0129】また、さらに記録補助層(第4磁性層)を具備することにより、低磁界記録を実現することが可能となる。

【0130】本発明の光磁気記録媒体の記録方法によれば、低磁界での良好な記録を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1の超解像光磁気記録媒体の再生原理を説明する断面磁化状態図である。

【図2】従来の超解像光磁気記録媒体の再生原理を説明する断面磁化状態図である。

【図3】従来の超解像光磁気記録媒体の記録層の磁気特性の一例を示す図である。

【図4】従来の超解像光磁気記録媒体の記録層の磁気特性の一例を示す図である。

【図5】従来の超解像光磁気記録媒体の記録層の磁気特性の一例を示す図である。

【図6】従来の超解像光磁気記録媒体の記録層の磁気特性の一例を示す図である。

【図7】本発明の超解像光磁気記録媒体の磁束形成層と記録層の積層構造の一例の磁気特性を示す図である。

【図8】本発明の実施形態2の超解像光磁気記録媒体の再生原理を説明する断面磁化状態図である。

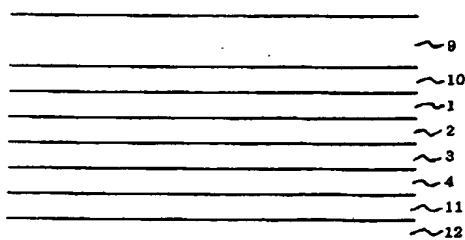
【図9】本発明の超解像光磁気記録媒体の磁束形成層と記録層と記録補助層の積層構造の磁気特性の一例を示す図である。

【図10】本発明の実施形態3の超解像光磁気記録媒体の再生原理を説明する断面磁化状態図である。

【図11】本発明の実施形態4の超解像光磁気記録媒体の再生原理を説明する断面磁化状態図である。

【図12】実施例1の超解像光磁気ディスクの媒体構成

【図12】



24

を示す断面図である。

【図13】実施例1の超解像光磁気ディスクのCNRの再生パワー依存性を示す図である。

【図14】実施例2の超解像光磁気ディスクの媒体構成を示す断面図である。

【図15】実施例2の超解像光磁気ディスクのCNRの記録磁界依存性を示す図である。

【図16】実施例3の超解像光磁気ディスクの媒体構成を示す断面図である。

【図17】実施例3の超解像光磁気ディスクのCNRの再生パワー依存性である。

【図18】実施例4の超解像光磁気ディスクの媒体構成を示す断面図である。

【図19】実施例4の本発明の超解像光磁気ディスクのCNRの記録磁界依存性である。

【図20】様々なFe、Co比の磁束形成層3を用いた超解像光磁気ディスクのCNRの再生パワー依存性である。

【図21】様々な希土類、遷移金属比の磁束形成層3を用いた本発明の超解像光磁気ディスクのCNRの再生パワー依存性である。

【図22】実施例7の超解像光磁気記録媒体の再生原理を説明する断面磁化状態図である。

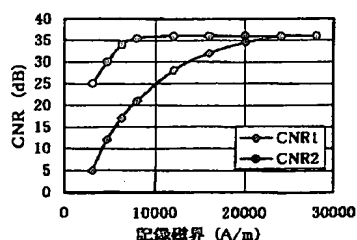
【図23】従来の超解像光磁気記録媒体の再生原理を説明する断面磁化状態図である。

【図24】実施例7の超解像光磁気記録媒体他の形態の再生原理を説明する断面磁化状態図である。

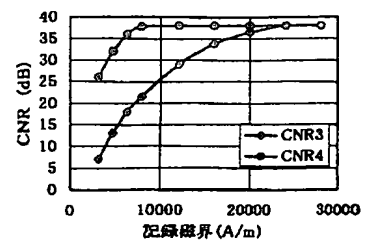
【符号の説明】

- 1 再生層(第3磁性層)
- 2 非磁性中間層
- 3 磁束形成層(第2磁性層)
- 4 記録層(第1磁性層)
- 5 光ビーム
- 7 記録補助層
- 8 面内磁化層
- 9 基板
- 10 透明誘電体層
- 11 保護層
- 12 オーバーコート層
- 13 第2の再生層(第3磁性層)

【図15】

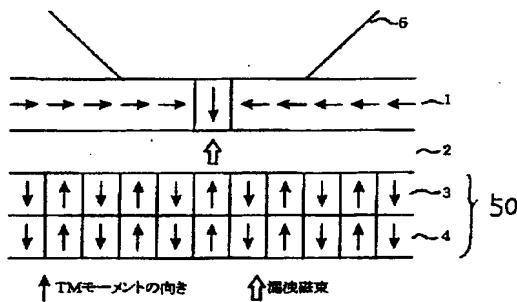


【図19】

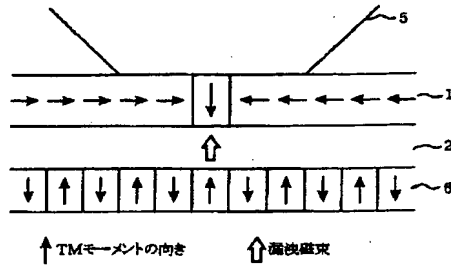


(14)

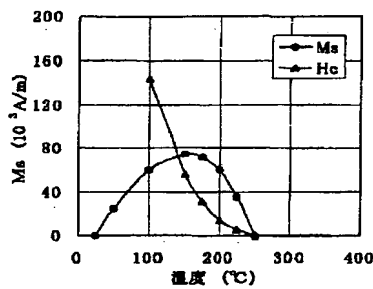
【図1】



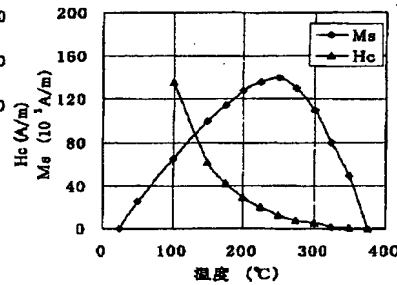
【図2】



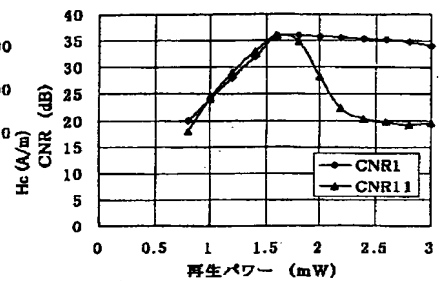
【図3】



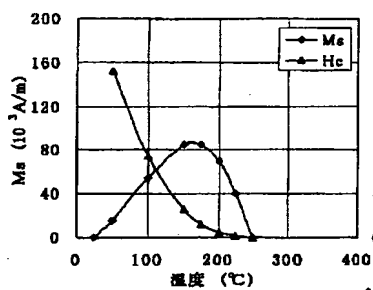
【図4】



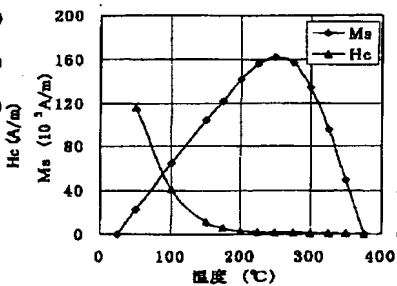
【図13】



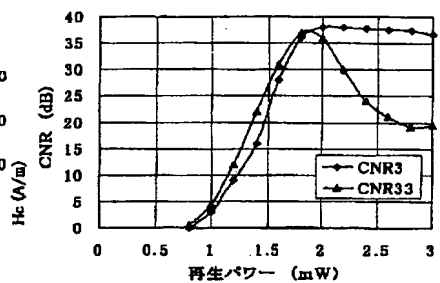
【図5】



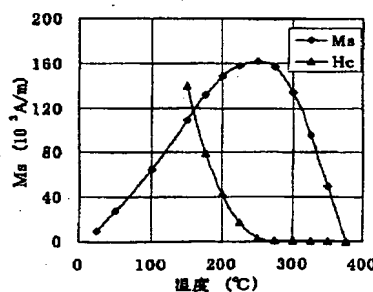
【図6】



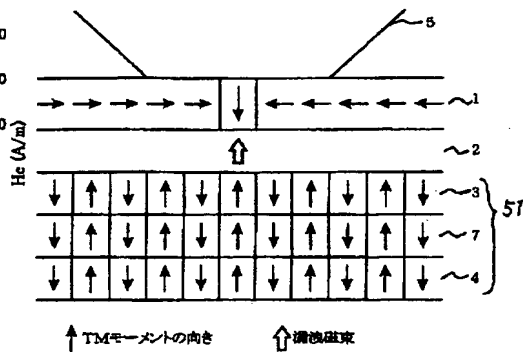
【図17】



【図7】

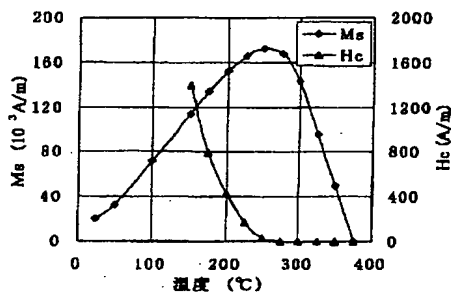


【図8】

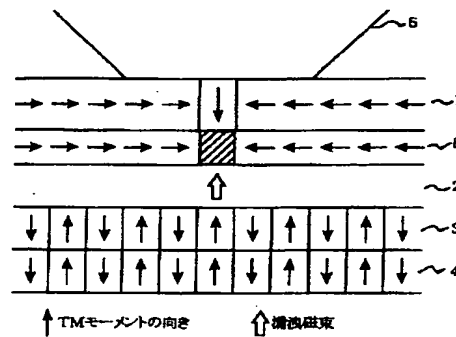


(15)

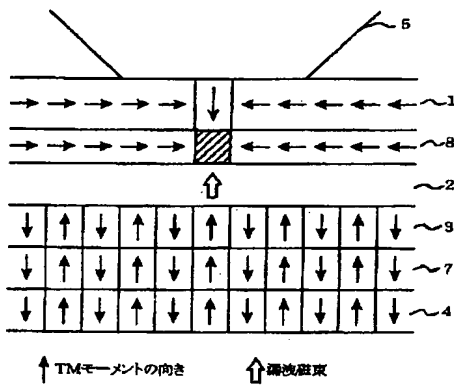
【図9】



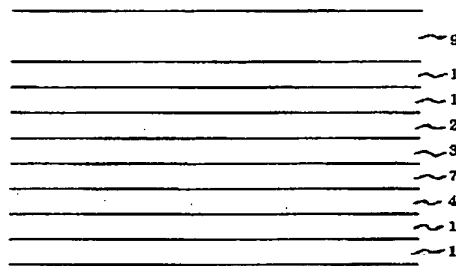
【図10】



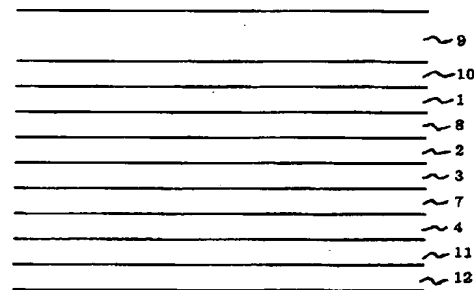
【図11】



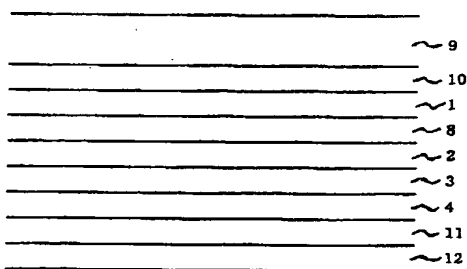
【図14】



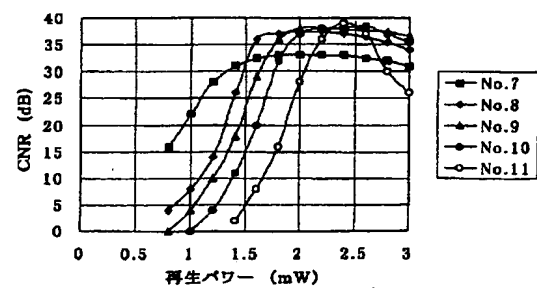
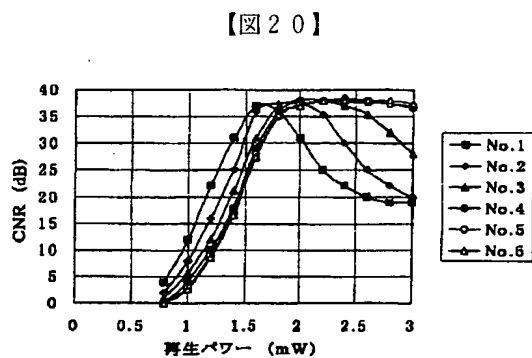
【図18】



【図16】

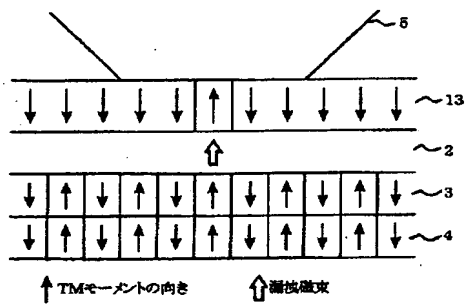


【図21】

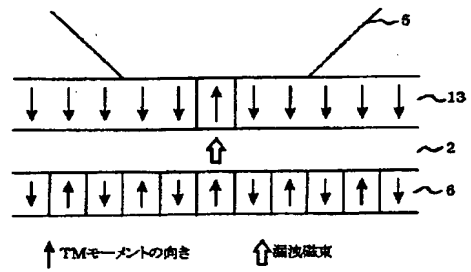


(16)

【図22】



【図23】



【図24】

